

ОСОБЕННОСТИ АЗОТНОГО БАЛАНСА ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИЯХ «БОБРОВЫХ ЛАНДШАФТОВ»

М. М. Умаров¹, М. В. Вечерский², Н. В. Костина¹, Т. А. Кузнецова², Е. И. Наумова²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, РФ, mumarov@mail.ru

²Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Москва, РФ

Рассматривается роль микробной азотфиксации в желудочно-кишечном тракте речного бобра в поддержании азотного баланса на территории «бобровых ландшафтов».

Ключевые слова: азотфиксация, речной бобр, «бобровые ландшафты»

Водные и наземные экосистемы на поселениях ("колониях") животных существенно отличаются по своим физико-химическим и биологическим свойствам от окружающих территорий. Одним из ярких примеров таких животных является речной бобр (*Castor fiber* L.), целенаправленно преобразующий места своего обитания, создавая своеобразную среду – "бобровый ландшафт". Эти ландшафты, обычно площадью 20–30 га, они формируют путем постройки плотин (длиной 20–220 м) на малых реках, ручьях, а в последнее время и на мелиоративных каналах, с целью заготовки корма на зиму, облегчения его транспортировки и обеспечения защиты от хищников. При этом, вследствие избирательности своего питания, они заметно изменяют видовой состав прибрежных фитоценозов на расстоянии около 200 м от береговой линии. Поскольку бобровые семьи перемещаются вдоль русла рек в среднем каждые 5–7 лет, то, соответственно, постепенно трансформируется ландшафт на значительной площади. Из-за строительства плотин происходит изменение гидрологического и геохимического режимов прилегающих территорий – поднимается уровень грунтовых вод, увеличивается заболаченность, аккумулируется органическое вещество, изменяется химический состав вод, донных осадков и почв.

Одной из малоизученных является проблема аккумуляции азота в "бобровых ландшафтах". Согласно оценкам канадских зоологов, содержание общего азота в воде бобровой запруды более чем в 30 раз, а в донных осадках – в 1000 раз превышает такое для незатронутых бобрами водоемов. При этом длительность сохранения азота в осадках достигает 72 лет, что подтверждает долговременный эффект влияния "бобровых ландшафтов". Помимо азота, в этих отложениях происходит накопление органических соединений углерода и фосфора. Можно полагать, что деятельность бобров, выступающая как важный средообразующий фактор, оказывает влияние не только на водоемы, но и на окружающие аллювиальные почвы, входящие в состав "бобровых ландшафтов". Согласно нашим данным, почвы "бобровых ландшафтов" богаче азотом и углеродом, чем почвы окружающих территорий – соответственно, в 1.5–1.9 раза по азоту и в 1.2–1.7 раза по углероду. Увеличение содержания азота может быть связано не только с привносом его бобрами с кормами, но и с его дополнительным поступлением в виде т. н. "биологического азота" в ходе микробной азотфиксации в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) животных.

Как известно, особенностью этих грызунов является потребление трудно перевариваемых низкобелковых, целлюлозосодержащих кормов, содержание азота в которых не превышает 1.3% (кора и древесина осины, ивы, тополя, березы). В ходе проведенных нами исследований 9 бобров (4 самок и 5 самцов в возрасте от 1 до 5 лет, массой 10–18 кг) азотфиксация обнаружена у всех животных, в содержимом их ЖКТ (химусе) – желудка, слепой кишки (вершина и тело), ободочной кишки (ампула, прокси-

мальная, промежуточная и дистальная части), тонкой кишки. Несмотря на значительный разброс у разных особей, максимальная нитрогеназная активность зафиксирована в содержимом вершины слепой кишки. Для ободочной кишки характерны более низкие значения. Ещё ниже активность азотфиксации в желудке и тонком кишечнике. Различия в уровне активности азотфиксации в разных участках ЖКТ хорошо объясняются функциональной морфологией. Считается, что быстрое прохождение химуса через тонкий кишечник недостаточно для осуществления микробиологических процессов, требующих длительного времени инкубации и именно этим обусловлены низкие значения азотфиксации. Строение толстого кишечника (объемная слепая кишка и ряды мускульных кармашков, сформированных стенкой ободочной кишки) существенно замедляет продвижение химуса, благодаря чему именно в этом отделе ЖКТ происходит длительная микробная ферментация клетчатки, обеспечивающая микроорганизмы – азотфиксаторы легкодоступным энергетическим субстратом. В ходе такой ферментации содержание азота прогрессивно увеличивается – от 1.3% в химусе желудка до 3% в ободочной кишке. Нарастающая в ЖКТ обогащенная "биологическим азотом" биомасса микроорганизмов не усваивается в толстом кишечнике и потребляется бобрами уже в процессе копрофагии (поедании насыщенного микробами эвакуата из собственной слепой кишки). Известно, что копрофагия – регулярный и обязательный поведенческий акт у бобров, а сам процесс копрофагии (цекотрофии) – способ утилизации микробных белков. Несомненна ее важная физиологическая роль как одного из источников "биологического азота" в азотном питании этих животных. Исходя из степени обогащения азотом корма при прохождении через ЖКТ, его содержания в эвакуате прямой кишки, учитывая среднее количество химуса, проходящее через ЖКТ за сутки, можно полагать, что микробная азотфиксация может обеспечить не менее 1/3 потребностей речного бобра в азоте.

Активная азотфиксация в ЖКТ бобра оказывает влияние и на азотный баланс "бобровых ландшафтов". Согласно полученным нами оценкам, нитрогеназная активность в местах обитания речного бобра существенно отличалась от значений, полученных на контрольных, не затронутых их деятельностью участках. Максимальная активность была отмечена в образцах почв, затопляемых водами запруды, и в образцах, отобранных на норовом участке, где она была на порядок выше, чем в образцах контрольной почвы.

Таким образом, в местах наибольшего влияния речных бобров, на так называемых норовых участках, происходит увеличение содержания азота (а также углерода), что отражается на азотном балансе окружающих акваторий и прилегающих почв и в целом на общей биологической продуктивности "бобровых ландшафтов". Учитывая быстрый рост популяции речного бобра в последние десятилетия, можно прогнозировать увеличение масштабов их влияния на азотный баланс водоемов и почв.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01864а.

THE DIVERSITY OF NITROGEN BALANCE ON AQUATIC AND TERRESTRIAL ECOSYSTEMS OF THE BEAVER LANDSCAPES

M. M. Umarov¹, M. V. Vechersky², N. V. Kostina¹, T. A. Kuznetsova², E. I. Naumova²

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, RF, mumarov@mail.ru

²Severtsov Institute of ecology and evolution, RAS, Moscow, RF

The influence of microbial nitrogen fixation in digestive tract of beaver (*Castor fiber* L.) on nitrogen balance of beaver landscapes was investigated.

Keywords: biological nitrogen fixation, beaver, nitrogen balance of environment